

## CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> VƏ ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> KRİSTALLARINDA İŞİĞİN KOMBİNASİYON SƏPİLMƏSİ

**X.K. ŞİRƏLİYEV, İ.Ə. MƏMMƏDOVA, T.H. KƏRİMOVA, N.A. ABDULLAYEV**

*Azərbaycan MEA-nın H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,  
Bakı şəh. AZ-1143, H. Cavid, 131*

[xatireee@bk.ru](mailto:xatireee@bk.ru)

Təqdim olunan işdə CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristallarının Raman spektrləri çəkilmiş və onların müqayisəli təhlili verilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalı üçün Raman tezlikləri 219 sm<sup>-1</sup>, 310 sm<sup>-1</sup>, 350 sm<sup>-1</sup>, 85sm<sup>-1</sup>, 136sm<sup>-1</sup>, 166sm<sup>-1</sup>, 240sm<sup>-1</sup>, 297sm<sup>-1</sup>, 323.5sm<sup>-1</sup>, 364.5sm<sup>-1</sup>, 393sm<sup>-1</sup>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalı üçün isə 230sm<sup>-1</sup>, 319sm<sup>-1</sup>, 108sm<sup>-1</sup>, 137.5sm<sup>-1</sup>, 169.5sm<sup>-1</sup>, 270sm<sup>-1</sup>, 278sm<sup>-1</sup>, 337.5sm<sup>-1</sup>, 374sm<sup>-1</sup>, 397.5sm<sup>-1</sup> təşkil edir. CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristallarında uyğun olaraq 219 sm<sup>-1</sup> və 230 sm<sup>-1</sup> tezlikli fononlar üçün spektral xəttin yarımənənə (FWHM), xəttin spektral yerinə görə kristal səthinin 50 mkm×50 mkm sahəsində xəritələnmə aparılmışdır. Əldə olunmuş 2D və 3D təsvirlərinin müqayisəsinə görə ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalının səthi CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>-ə nəzərən daha qeyri-bircinsdir.

**Açar sözlər:** Raman spektri, spektral xətt, moda, monokristal, polikristal.

**Pacs:** 78.30.Fs

### 1. GİRİŞ.

S<sub>4</sub><sup>2</sup> faza qrupunda kristallaşan A<sup>2</sup>B<sup>3</sup>C<sup>6</sup><sub>4</sub> (A–Zn,Cd; B–In,Ga; C–S,Se,Te) qrup birləşmələri kimyəvi analoqu I-III-VI<sub>2</sub> və II-IV-V<sub>2</sub> olan sfalerit və xalkopirit strukturuna malikdir. Bu kristallar üçün xarakterik olan ikili şüasınma, böyük qeyri-xətti qavrayıcılıq əmsali, parlaq lüminessensiya, qadağan zolağın eninin 2.5-4.5eV olması, yüksək fotohəssaslıq kimi xassələri onların yarımkeçirici cihazlarda, xüsusilə də, qeyri-xətti çeviricilərdə istifadəsinə imkan verir [1,2]. Buna görə də bu birləşmələrin fiziki xassələrinin araşdırılması xüsusilə də fonon spektrlərinin tədqiqi, fononların tezliyi, fonon-fonon qarşılıqlı təsirləri və s. haqda informasiya əldə olunması əsas məsələlərdən biridir [3,4].

### 2. KRİSTALLARIN ALINMASI VƏ EKSPERİMENTİN METODİKASI.

Kristallar qaz köçürmə metodu ilə alınmışdır, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> ağmtıl, CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> isə sarı rəngdədir.

CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristallarında işığın Raman səpilmə spektrləri Nanofinder 30 (Tokyo Instr., Japan) Konfokal Raman Mikrospektrometrində ölçülmüşdür. Həyəcənlaşdırıcı mənbə kimi λ=532 nm dalğa uzunluqlu və 10mVt gücünə malik Nd:YAG lazerin ikinci harmonika generasiyasından istifadə olunmuşdur. Spektral ayırdetmə 1800 xətt/mm spektrometr qəfəsinə uyğun olaraq 0,5 sm<sup>-1</sup> təşkil edir. Səpilən şüalanma detektoru fotonları hesablama rejimində işləyən və -100°C–yə qədər soyudulan CCD kamerasıdır. Spektrlərin ölçülməsi perpendikulyar olaraq geriye səpilmə istiqamətində həyata keçirilmişdir.

Şəkil 1-də CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> monokristallarının kristal qəfəsi (a) və Brüllien zonası (b) təsvir edilmişdir. Hər iki kristal eyni faza qrupuna malik olub tetragonal quruluşludur.

Şəkil 2-də CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristallarının Raman spektrləri təsvir edilmişdir. CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>-in Raman spektri 11 modadan ibarət olub, 85÷393sm<sup>-1</sup> oblastını

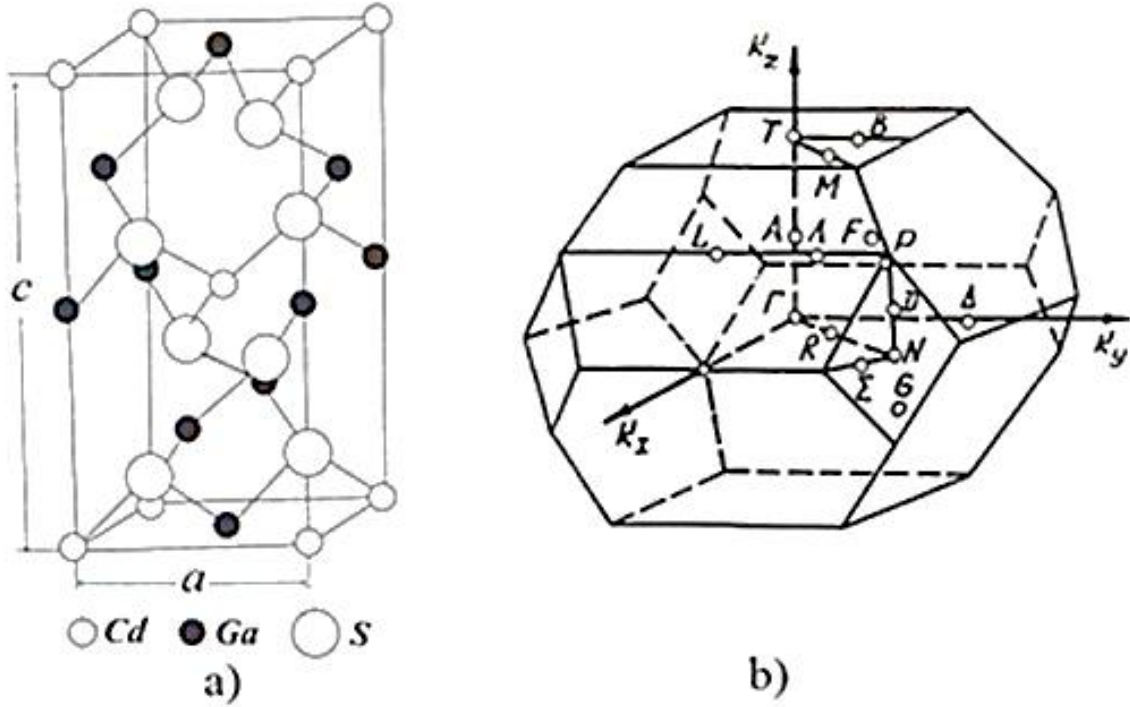
əhatə edir. ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> isə 10 modadan ibarət olub, 108÷397.5 sm<sup>-1</sup> oblastını əhatə edir. Ən intensiv spektral xətt CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalında 219 sm<sup>-1</sup>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> üçün 230 sm<sup>-1</sup> olub S anionlarının Z oxunda rəqsi hərəkəti ilə bağlıdır.

Hər iki kristal üçün 300 K temperaturda müəyyən edilmiş Raman spektrlərinin müqayisəsi göstərir ki, yüksək tezlikli modalar təxminən üst-üstə düşür. Spektrlərdəki fonon tezliklərini seçmə qaydasından istifadə edərək, simmetriya tipləri ilə təsnif etmək olur. Elementar qəfəsi 7 atomdan ibarət olan kristallarda rəqsi spektr 21 normal modadan təşkil olunmuşdur. Onlardan 3-ü akustik, qalanları Raman və infraqırmızı aktiv olan fononlardır. A simmetriya modaları anionların x, y, z oxları üzrə hərəkətini, B simmetriya modaları atomların c kristalloqrafik oxu boyunca hərəkətini, E simmetriya modaları c oxuna perpendikulyar ab müstəvisində atomların hərəkətini təsvir edir.

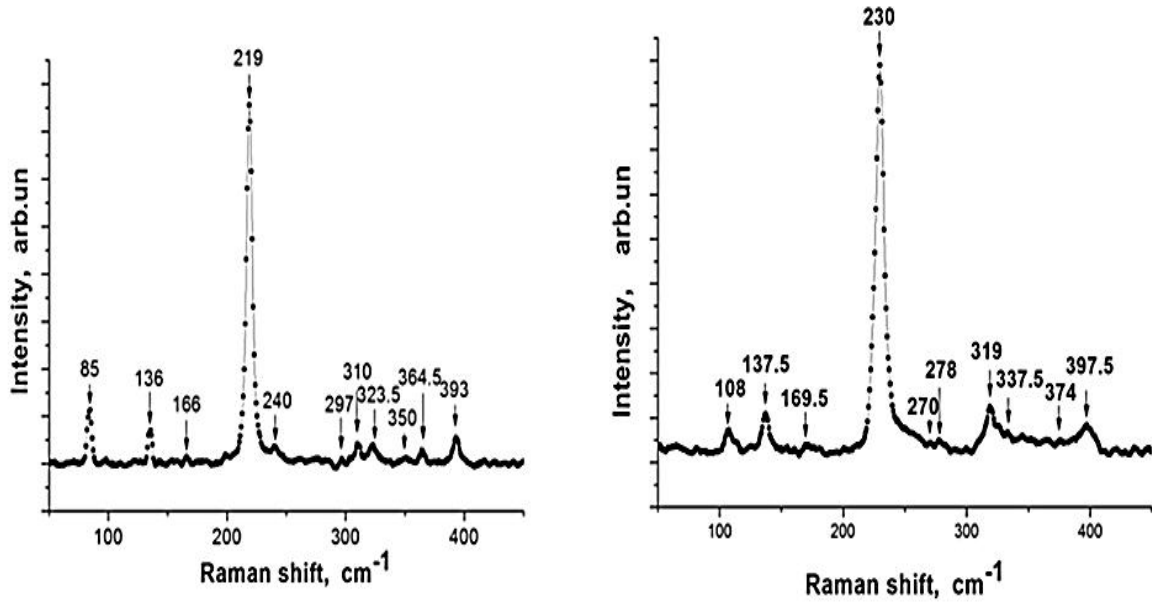
CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalının Raman tezlikləri [5], ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalında isə [6] işindəki nəticələrlə müqayisə olunaraq Cədvəl.1-də göstərilmişdir.

*Cədvəl 1.*

Raman tezliklərinin simmetriyaları		
Symmetry	CdGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	ZnGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub>
A	219	230
A	310	319
A	350	-
E	85	108
B	-	-
E	136	137.5
B	166	169.5
E	240	270
B	-	278
B	297	-
E	323.5	337.5
E	364.5	374
E	393	397.5



Şəkil 1. CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> monokristallarının kristal qəfəsi (a) və Brillüen zonası (b).

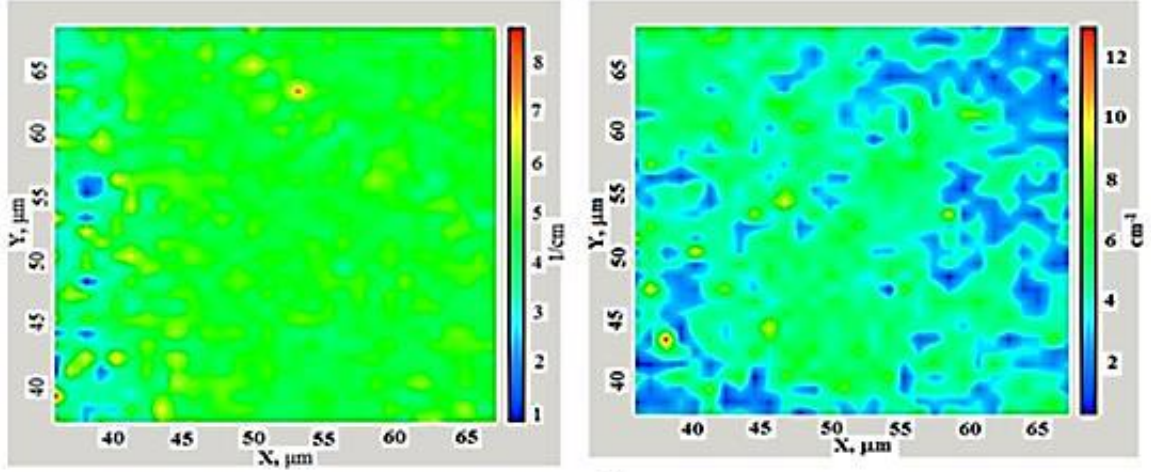


Şəkil 2. CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> (solda) və ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> (sağda) monokristallarının Raman spektrləri.

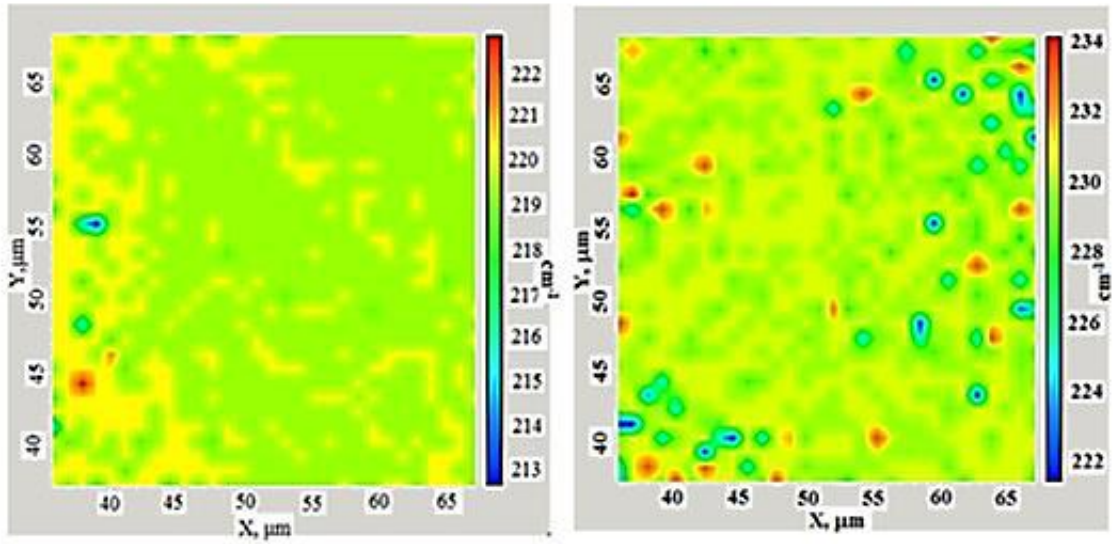
### 3. CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> və ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> KRİSTALLARININ SƏTHİNİN XƏRİTƏLƏNMƏSİ (MAPPING).

Kristal səthinin bircinsliliyini müəyyən etmək üçün konfokal Raman Mikrospektrometrinin kristal səthinin optik skanlanması (xəritələnməsi) imkanından istifadə edilmişdir. Şəkil 3-də CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> və ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>

kristallarının səthinin xəritələnməsinin 2D təsvirləri verilmişdir. Xəritələnmə ən intensiv 219sm<sup>-1</sup> və 230sm<sup>-1</sup> tezlikli fonon üçün spektral xəttin yarımənə (FWHM) (a) və xəttin spektral yerinə (b) görə kristal səthinin 50 mkm·50 mkm sahəsində aparılmışdır. Şəkiləndən görüldüyü kimi ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalının səthi CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>-ə nəzərən daha qeyri-bircinsdir.

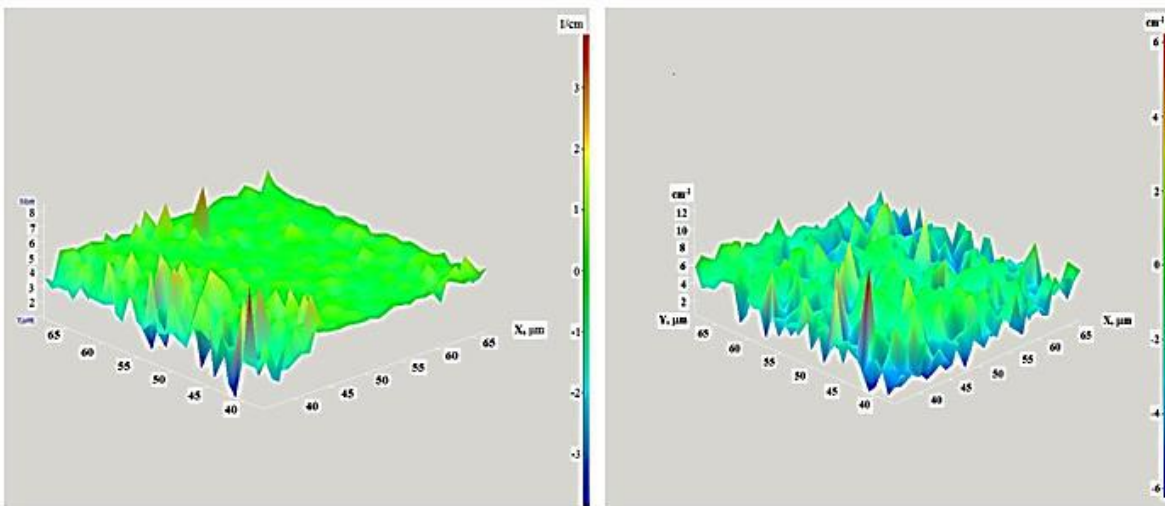


a)



b)

Şəkil 3. CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> və ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristallarının uyğun olaraq xəritələnməsinin 2D təsvirləri a) spektral xəttin yarımeni, b) spektral xəttin yeri



Şəkil 4. Uyğun olaraq CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> (solda) və ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> (sağda) kristalları üçün spektral xəttin yarımeninə görə 3D xəritələnməsi.

#### **4. YEKUN.**

CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristallarında işıq raman səpilməsi spektrləri Nanofinder 30 (Tokyo Instr., Japan) Konfokal Raman Mikrospektrometrində ölçülmüşdür. CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalı üçün 219 sm<sup>-1</sup>, ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalında isə 230 sm<sup>-1</sup> tezlikli fonon üçün spektral xəttin yarımənənə (FWHM), xəttin spektral yerinə görə kristal səthinin 50 mkm×50 mkm sahəsində xəritə-

lənə aparılmışdır. Əldə edilmiş 2D və 3D təsvirlərinin müqayisəsinə görə ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> kristalının səthi CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>-ə nəzərən daha qeyri-bircins olması göstərilmişdir.

Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun maliyyə yardımı ilə yerinə yetirilmişdir-Qrand № EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/02/1.

- 
- [1] H. Hahn, G. Frank, W.Klinger, A.D.Storger, O.Storger. Z.Anorg. Allg.Chem., 1995, 279, 24.
- [2] A.A. Vaiolin, Yu.A. Nikolaev, I.K. Polusihina, Yu.V.Rud, V.Yu.Rud I.E.Terexov, and N.Fernelius. Semiconductors.37, 572 (2003)
- [3] A.N.Georgobiani, S.I.Radautsan, I.M.Tigin-yanu. Semiconductors, 1985, 19, 193.
- [4] I.S.Yahia, M.Fadel, G.B.Sakr, F.Y. Hanoglu, S.S. Shenouda, W.A. Faroog. J. Alloys Compd., 2011, 509, 4414.
- [5] З.А.Джахангирли, Т.Г. Керимова, И.А.Мамедова, Н.А. Абдуллаев, Н.Т. Мамедов. ФТТ, т.60, 2018, №11, 2265-2269
- [6] A. Eifler, G.Kraus, V.Riede, V.Kramer, W.Grill. J. Phys. and chemistry of solids, 2005, v.66, N11, 2052-2057.

**Kh.K. Shiraliyeva, I.A. Mammadova, T.G. Kerimova, N.A. Abdullayev**

#### **RAMAN SCATTERING OF LIGHT IN CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> AND ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> CRYSTALS**

In the given work Raman spectra of crystals were measured and investigated with the comparing each other. It was determined that Raman frequencies for CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> are 219 cm<sup>-1</sup>, 310 cm<sup>-1</sup>, 350 cm<sup>-1</sup>, 85cm<sup>-1</sup>, 136cm<sup>-1</sup>, 166cm<sup>-1</sup>, 240cm<sup>-1</sup>, 297cm<sup>-1</sup>, 323.5cm<sup>-1</sup>, 364.5cm<sup>-1</sup>, 393cm<sup>-1</sup>, for ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> they are 230cm<sup>-1</sup>, 319cm<sup>-1</sup>, 108cm<sup>-1</sup>, 137.5cm<sup>-1</sup>, 169.5cm<sup>-1</sup>, 270cm<sup>-1</sup>, 278cm<sup>-1</sup>, 337.5cm<sup>-1</sup>, 374cm<sup>-1</sup>, 397.5cm<sup>-1</sup>. On the 50 μm×50 μm surface of CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> and ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> crystals for 219 cm<sup>-1</sup> and 230 cm<sup>-1</sup> phonons according to FWHM and maximum position of spectral lines were taken the mapping. According to the comparison of obtained 2D and 3D images the surface of ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> crystal is much more nonhomogeneous than CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>.

**X.K. Shiraliyeva, I.A. Mammadova, T.G. Kerimova, N.A. Abdullayev**

#### **КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЙЯНИЕ СВЕТА В КРИСТАЛЛАХ CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> И ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>.**

В представленной работе получены спектры Рамановского рассеяния в кристаллах CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> и ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> и дан их сравнительный анализ. Обнаружено, что в рамановских спектрах монокристаллов CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> наблюдаются следующие частоты: 219 см<sup>-1</sup>, 310 см<sup>-1</sup>, 350 см<sup>-1</sup>, 85см<sup>-1</sup>, 136см<sup>-1</sup>, 166см<sup>-1</sup>, 240см<sup>-1</sup>, 297см<sup>-1</sup>, 323.5см<sup>-1</sup>, 364.5см<sup>-1</sup>, 393см<sup>-1</sup>. Соответственно, в рамановских спектрах монокристаллов ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> наблюдаются частоты: 230см<sup>-1</sup>, 319см<sup>-1</sup>, 108см<sup>-1</sup>, 137.5см<sup>-1</sup>, 169.5см<sup>-1</sup>, 270см<sup>-1</sup>, 278см<sup>-1</sup>, 337.5см<sup>-1</sup>, 374см<sup>-1</sup>, 397.5см<sup>-1</sup>. С целью выяснения положения максимума и полуширин для частот 219 см<sup>-1</sup> и 230 см<sup>-1</sup>, соответственно, монокристаллов CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> и ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, было проведено сканирование лазерным лучом на площади 50 мкм×50 мкм. Из полученных 2D и 3D изображений результатов сканирования выявлено, что монокристаллы ZnGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> менее однородны, чем монокристаллы CdGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>.

*Qəbul olunma tarixi: 28.01.2019*